

■ 論 文 ■

강우와 고속도로 통행특성의 관계 연구

Analysis of Rain Impacts on Freeway Trip Characteristics

백 승 걸

(한국도로공사 도로교통연구원
책임연구원)

김 범 진

(한국도로공사 도로교통연구원
연구원)

임 용 택

(전남대학교 교통물류학부 부교수)

목 차

- | | |
|---|---|
| <p>I. 서론</p> <p>II. 이론 및 기존 연구 고찰</p> <p>III. 기상조건별 통행특성분석</p> <p>1. 분석이슈</p> <p>2. 분석자료</p> <p>3. 강우일과 비강우일의 통행량 비교</p> <p>4. 강우일과 비강우일의 통행특성 비교</p> | <p>5. 평일/주말의 비강우일/강우일 통행특성 비교</p> <p>IV. 강우수준과 통행량 모형 개발</p> <p>1. 강우수준별 통행량 분석</p> <p>2. 강우량과 통행량 모형 개발</p> <p>V. 결론</p> <p>참고문헌</p> |
|---|---|

Key Words : 기상, 강우, 고속도로 통행량, 총통행거리, 평균통행거리
Weather, Rainfall, Traffic Volume, Total Travel Distance, Average Travel Distance

요 약

기상조건은 도로 및 운전조건을 열악하게 함으로써 교통사고와 정체의 원인이 되며, 운전자의 통행선택에 영향을 미쳐 기종점통행특성도 변화시킨다. 기종점 통행량은 교통계획에 있어 필수적으로 요구되는 자료이지만, 기상조건과 통행량과의 관련성을 검토한 연구는 거의 전무한 실정이다. 본 연구는 기상조건이 기종점간 통행특성에 미치는 영향을 분석한 연구로, 2006년 1년간 전국적 강우일의 고속도로 통행특성을 분석하고 강우일과 비강우일의 차종별 통행량, 총통행거리, 평균통행거리를 비교분석하였으며, 강우수준별 통행량 모형을 제시하였다. 분석결과 강우일의 통행량 및 통행거리는 비강우일 때보다 감소한다는 것을 확인하였으며, 강우시 주말/평일별 차종별로 통행특성의 차이는 있으나, 강우수준에 따른 통행량의 차이는 크지 않다는 것을 제시하였다.

Weather like rain, strong wind or snowfall may make the road condition deteriorated and sometimes induce traffic accidents, which lead to severe traffic congestion, thereby travelers may change their destinations elsewhere. Although origin-destination trip information is required to analyze transportation planning in urban area, there are little researches on the relationship between weather condition and travel patterns. This paper investigates the characteristics of travel patterns on expressway in rainy days of 2006. We compare the normal travel patterns with those of rainy days by the travel distance for each vehicle type. Results show that traffic volume and travel distance have been reduced in rainy days as we expect, and also show different travel patterns for weekday and weekend.

I. 서론

우리나라는 4계절의 기후 변화가 뚜렷하여 계절별로 다양한 기상 상황이 발생된다. 기상상황 중 폭우, 강설, 동결 및 안개 등은 운전자의 행동을 위축시키고, 도로조건을 열악하게 함으로써 교통사고와 정체의 원인이 되고 있다. 이러한 교통조건의 변화 외에도 기상은 운전자의 통행선택에 영향을 미쳐 기종점통행특성도 변화된다.

기종점 통행량은 공간간의 활동을 대표하는 지표이며, 교통계획에 있어 네트워크의 교통수요를 파악하기 위해 필수적으로 요구되는 자료이다. 4계절 기후를 가지고 있는 우리나라의 특성상 계절별 특성을 고려한 도로운영이 필요하며, 고속도로의 사고발생을 줄이고 첨단화된 ITS 운영을 위해서는 안개 등 국지적 기후특성과 수요특성을 고려한 사고예방, 정보제공 등이 필요하다.

기종점통행특성 자료는 많은 요인에 의해 영향을 받는데, 네트워크 신설 등 장기적인 변화가 아닌 단기적인 실시간 교통상황의 경우에는 기상에 의한 영향이 가장 클 것으로 판단된다. 기상에 의한 영향은 출퇴근, 업무, 가족행사 등 필수적인 통행보다는 여가, 방문, 관광 등 비필수적인 통행이 영향을 더 크게 받을 것이다.

이러한 중요성에도 불구하고 기상조건과 통행량과의 관련성을 검토한 연구는 거의 전무한 실정이다. 기존의 기상관련 교통분야의 연구는 기상조건과 도로의 구간성능이나 교통사고와의 관계에만 초점을 두어 왔다. 도로성능의 경우 기상상황에 따른 서비스교통량이나 속도의 변화가 주 분석대상이었으며, 교통사고의 경우 기상상황 변화에 따른 시거의 제약 등 운전자 판단성능의 변화가 주분석대상이었다.

강우시에는 차종별, 주말/평일 등 요일특성에 따라 운전자의 통행선택이 달라질 것이다. 통행선택은 출발시각 선택, 목적지선택, 수단선택, 경로선택 등 다양한 선택이 있을 수 있으며, 이에 따라 최종적으로 구간교통특성이 영향을 받을 것이다. 기존 연구에서는 이러한 기상조건 변화시 통행특성 변화를 무시하고 최종결과인 구간교통 특성만 분석한 것이라 할 수 있다.

본 연구는 기상조건이 교통량(traffic volume)에 주는 영향보다 통행특성에 미치는 영향에 초점을 둔 연구이다. 이를 위해 2006년 1년간 기상자료를 이용하여 강우일과 비강우일의 차종별 통행량, 총통행거리, 평균통행거리를 비교하였으며, 강우량에 따른 통행특성 변화를 분석하였다. 마지막으로 강우량에 대한 통행량 모형을 개발하였다.

II. 이론 및 기존 연구 고찰

장덕형(1998)은 열악한 도로기상조건이 교통안전사고 유발의 주요요인이라는 사실에 기인하여 악천후상황과 교통류의 상관관계를 분석하였다. 기상조건이 유발한 사고현황과 기존 도로기상관제시스템의 현황과 문제점을 분석하고, 우리나라여건에 적합한 시스템의 구성을 시도하였다. 또한 노면조건과 시거가 안전운전에 가장 영향을 주는 요소로 가정하고, 악천후(안개, 눈 등)시 운전중 시거와 노면조건에 따라 안전한 주행속도를 추천하는 알고리즘을 개발하였다.

박창수·장진환(2004)은 기상상황에 따른 교통보정계수의 변화를 분석하여 부득이하게 눈이 내리는 날에 조사된 교통량자료를 이용해 AADT를 추정할 경우 적용할 수 있는 날씨보정계수(Weather Adjustment Factor)를 산출하였다. 이를 위해 눈이 내린 날과 눈이 내리지 않은 날에 대하여 교통량 패턴이 안전적이라고 판단되는 동월, 동요일의 평균 교통량을 이용하여 이들의 비율로서 보정계수를 산출하였고, 이러한 보정계수와 적설량과의 관계에 대한 회귀식을 도출했다. 회귀계수는 k 값에 따라 주중은 0.04, 주말은 0.041-0.051로 비슷하게 나왔으나, R^2 은 k 값에 따라 주중은 0.53-0.75로 나왔고, 주말은 0.25-0.39로 나와 주중에는 강설량과 보정계수와의 상관관계가 큰 것으로 나타나지만, 주말의 경우 다소 낮은 것으로 분석되었다.

기상악화가 교통량 변화에 미치는 영향에 대해서는 다양한 주장이 있다. 최정순 등(1999)은 고속국도에서 비가 올 경우 비강우일에 비해 서비스 교통량이 약 16% 정도 감소한다고 했다. TRRL(Transportation Road Research Laboratory) (1998)은 강우일에는 교통량이 2% 정도, 눈이 오거나 얼음이 있는 조건에서는 16% 정도, 안개가 있는 조건에서는 20% 정도 교통량이 감소한다고 하였다. 그리고 Nietal 과 Edwards(1992)는 교통량의 경우 강우일에는 대략 3% 정도 감소하고, 안개는 9% 정도 교통량을 감소시킨다고 했다. Sheppard (1975)는 기상악화가 통행패턴에 미치는 영향은 없다고 주장했다. 또한 Hassan & Barker(1988)은 이상기온이나 폭우시 교통량이 평일에는 3%, 주말에는 4% 감소한다고 하였고, 강설시 평일에는 10%, 주말에는 15% 감소한다고 하였다(박창수·장진환, 2004).

이와 반대로 Brodsky & Hakkert(1998)는 비가 내

릴 경우 도로나 대중교통을 이용하는 통행자들이 승용차로 교통수단을 바꾸기 때문에 교통량이 늘어난다고 주장했다. Smith(1982)는 기상악화에 의해 통행을 포기하는 통행자들이 많다고 하였고, 이와 비슷하게 Khattack(1991)는 눈보라 등과 같은 악천후 기상은 통행시간을 증가시키고, 출발시간과 목적지를 변화시키며 상당한 통행수단의 변경이 일어난다고 하였다(박창수·장진환, 2004).

Edwards(2002)는 영국의 M4 고속도로에서 젖은 노면과 건조한 노면에서의 운전 속도 비교분석을 통해 강우시 운전자들이 속도를 충분히 감소시키지 않으므로 강우시 정부의 도로안전규제의 중요성을 주장하였다.

이승재(2001)는 교통량 패턴(추세치, 계절변동, 주기변동, 불규칙변동)을 시계열 분석을 사용하여 교통량 패턴중 하나인 불규칙변동을 기상요인으로 설명하였으며, 시계열 분석의 값을 이용하여 AADT를 추정하였다. 추정시 불규칙변동요인을 그대로 사용했을 때보다, 기상요인을 결합한 불규칙변동요인을 사용했을 때 더 추정력이 좋음을 증명하였다.

기존 연구는 기상조건과 도로의 구간성능, 즉 기상조건과 서비스교통량, 속도 등과의 관계에 주로 초점을 두어왔다. 국내의 경우 기상조건과 통행량과의 관련성을 검토한 연구는 거의 전무한 실정이다. 또한 국내의 전체적으로 보았을 때도 차종별로 통행량 뿐만 아니라 총통행거리, 평균통행거리 등의 통행특성을 분석한 연구는 아직 제시되지 않은 실정이다.

III. 기상조건별 통행특성 분석

1. 분석사항

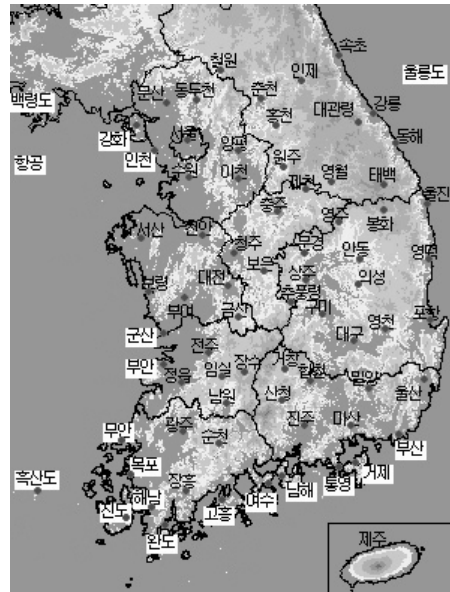
본 연구에서는 기존연구 검토 등을 통해 다음과 같은 분석사항을 설정하였다.

- 강우시 고속도로 통행량은 증가하는가? 감소하는가? 이러한 특성은 차종별로 다른가?
- 강우시 통행거리의 차이가 있는가?
- 강우시 통행특성은 주말/평일에 따라 다른가?
- 강우수준별로 통행량은 증가하는가? 감소하는가?

2. 분석자료

1) 기상자료

기상청 자료를 이용하여 2006년 전국적으로 강우(적



〈그림 1〉 전국의 강우 관측 지점

자료 : 기상청, <http://www.kma.go.kr>

〈표 1〉 전국적 강우일수(2006년)

	74개 지점	65개 지점	60개 지점	55개 지점
전국적 강우일	15일	40일	52일	65일

자료 : 기상청 일별, 지점별 강수량자료 가공

설은 미포함)를 나타낸 날을 선정하였다. 전국의 기상청, 관측소, 기상대는 76개 지점이 있으며, 본 연구에서는 제주도, 서귀포를 제외한 전국 74개 지점에 대하여 조사하였다.

2006년 1년 동안 74개 지점 모두가 강우일인 경우는 15일이었다. 본 논문에서 분석사항으로 설정한 강우일과 비강우일, 평일과 주말을 구분한 기상과 통행과의 관계 분석을 위해서는 더 많은 강우일이 필요하다. 원 자료의 훼손을 최소화하면서 통계적 분석을 위한 표본수를 확보하기 위해 전국적 강우일의 지점수를 줄이면서 적정 표본수를 설정한 결과 74개 지점 중 약 55개 지점에서 비가 온 경우 전국적으로 비가 온 것으로 가정하였다. 본 논문은 지역단위 분석이 아니라 전국적인 총량단위 분석이므로 이러한 지점수 선정은 연구결과에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

전국적인 강우일은 〈표 2〉와 같다. 강우일 65일중 장마철인 6월 말~7월은 21일로 전체 강우일의 약 30% 정도이며, 나머지 10개월은 비교적 고르게 비가 내렸다.

〈표 2〉 2006년 강우일(55개 지점 기준)

2006년	전국 55개 지점의 강우일	일수
1월	13, 31	2일
2월	1,7,14,15,28	5일
3월	1,16	2일
4월	1,2,4,9,10,11,19	7일
5월	6,10,19,22,27	5일
6월	8,10,14,15,21,25,26,29,30	9일
7월	1,4,5,9,10,11,12,15,16,17,18,19,20,21,25,26,28	17일
8월	25,27,30	3일
9월	5,6,16,17,18	5일
10월	22,23	2일
11월	5,6,27,28	4일
12월	7,8,9,17	4일

2) 고속도로 통행특성 자료

본 연구에서는 고속도로 폐쇄식 구간의 2006년도 1년간 영업소간 TCS 통행량 자료를 이용하였다. TCS에서의 차종은 〈표 3〉과 같이 1종부터 5종으로 구분된다.

〈표 3〉 고속도로 TCS차종 구분

구분 차종	변경
1종	○ 2축, 율폭 279.4mm 이하 - 승용차, 소형승합차, 소형화물차
2종	○ 2축, 율폭 279.4mm초과, 율거 1,800mm이하 - 중형승합차, 중형화물차
3종	○ 2축, 율폭 279.4mm초과, 율거 1,800mm초과 - 대형승합차, 2축대형화물차
4종	○ 3축 대형화물차
5종	○ 4축이상 특수화물차

자료 : 한국도로공사(2007), 2006 고속도로 교통량 통계

3. 강우일과 비강우일의 통행량 비교

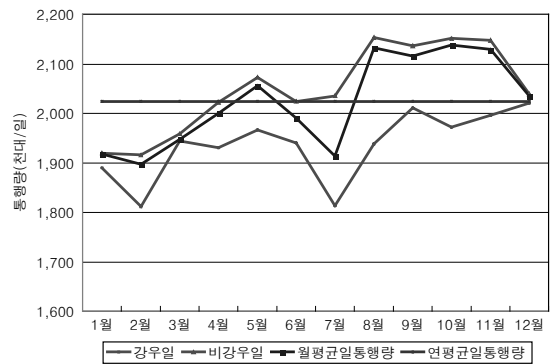
강우일과 비강우일의 특성을 비교하기 위해 2006년도 1년간의 월평균 일통행량과 강우일, 비강우일의 일평균 통행량을 비교하였다. 강우일 통행량은 비강우일과 월평균 일통행량보다 낮았으며, 특히 7월과 8월은 통행량 차이가 크게 나타났다.

월평균 일통행량은 3~5월, 7~11월은 연평균보다 높았으며, 12~2월, 6, 7월은 연평균보다 낮게 나타났다. 또한 강우일 통행량은 연평균일통행량보다 항상 낮았다.

강우일 통행량과 비강우일 통행량, 월평균 일통행량의 차이를 통계적으로 보다 명확히 나타내기 위해 분산

〈표 4〉 월평균 통행량 및 강우/비강우일 통행량

월	월평균 일통행량 (대/일)	강우일 통행량 (대/일)	비강우일 통행량 (대/일)	강우일과 비강우일 차이
1월	1,918,296	1,890,006	1,920,247	1.6%
2월	1,897,590	1,810,286	1,916,569	5.9%
3월	1,946,959	1,943,023	1,959,412	0.8%
4월	2,000,490	1,930,853	2,021,684	4.7%
5월	2,056,032	1,967,084	2,073,138	5.4%
6월	1,991,480	1,940,132	2,023,823	4.3%
7월	1,913,623	1,812,529	2,036,381	12.4%
8월	2,133,116	1,938,158	2,154,005	11.1%
9월	2,115,836	2,011,312	2,136,740	6.2%
10월	2,139,246	1,971,400	2,150,821	9.1%
11월	2,128,376	1,997,000	2,148,587	7.6%
12월	2,036,301	2,019,724	2,038,757	0.9%



〈그림 2〉 월/연평균과 강우일/비강우일 통행량

〈표 5〉 분산분석 결과

요약

인자 수준	관측수	합	평균	분산
강우일	65	1.2E+08	1907739	2.99E+10
비강우일	300	6.15E+08	2050051	3.83E+10

ANOVA

변동 요인	제곱합	자유도	제곱평균	F비	P-값	F 기각치
처리	1.05E+12	1	1.05E+12	28.6220	1.57E-07	3.86734
잔차	1.33E+13	361	3.68E+10			
Total	1.44E+13	362				

분석 방법을 이용하여 평균간의 차이를 비교하였다. 분산분석은 주어진 유의수준에서 다수 모집단의 평균을 동시에 비교하는 기법이다.

강우일과 비강우일의 통행량을 일원배치분산분석으로 비교한 결과, 강우시 평균은 1,907,739대/일, 비강우시 평균은 2,050,051대/일이며, P-값은 1.57E-07로 0에 가깝게 작으므로 강우시와 비강우시는 평균이 같지 않고 집단간의 차이가 발생한다고 할 수 있다.

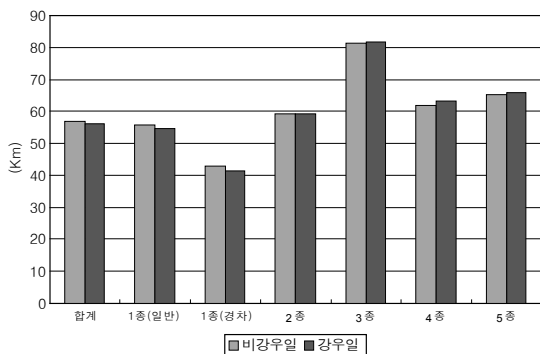
4. 강우일과 비강우일의 통행특성 비교

통행은 필수통행(mandatory trip)과 비필수통행이 있다. 필수통행은 출퇴근, 업무, 가족행사 등이 포함되며, 비필수통행은 여가, 위락 등이 포함된다. 기상상황에 따라 영향을 더 크게 받는 통행은 비필수통행일 것으로 예상된다.

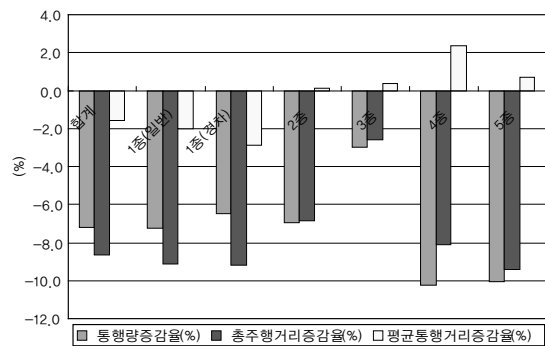
자료 분석결과 비강우일과 비교하여 강우일의 총통행량은 총 7.2% 감소하였다. 차종별 감소율은 거의 유사

하였으며, 3종의 통행량 감소율이 다소 작았다. 대부분 승용차로 구성된 1종 차량이 여가, 관광 등의 통행목적 을 가지므로 강우시 통행선택을 변경할 가능성이 가장 높을 것으로 예상한 결과와 다른데, 승용차의 경우 출퇴근 및 업무통행 등 필수적인 통행 비율이 높아 강우시 통행량의 감소폭이 화물차량보다 적기 때문인 것으로 판단 된다. 3종의 경우 가장 작은 변화율을 나타내어, 필수통행 구성비가 높은 것으로 판단된다.

주행거리는 8.7% 감소하여 통행량 감소율보다 컸으며, 1종(경차)의 경우 9.4% 감소하여 전체 차종중 감소폭이 가장 컸다. 이는 1종(경차)의 경우 강우시 다른 차종에 비해 소형이므로 차량의 안전성을 고려하여 통행목적지 선택을 변경한 것에 따른 영향으로 판단된다. 2~5종의 경우 강우시 평균통행거리가 오히려 증가하였다.



〈그림 3〉 비강우일과 강우일의 총 통행거리 비교



〈그림 4〉 비강우일과 강우일의 통행특성 비교

〈표 6〉 비강우일과 강우일의 통행특성 비교

일자	구분	합계	1종(일반)	1종(경차)	2종	3종	4종	5종	
비강우일	통행량(대)	2,049,457	1,675,656	65,946	133,252	75,203	32,010	67,389	
	총통행거리(km)	116,914,879	93,705,669	2,822,976	7,889,772	6,118,750	1,976,999	4,400,714	
	평균통행거리(km)	57.0	55.9	42.8	59.2	81.4	61.8	65.3	
	차량구성비(%)	100	81.8	3.2	6.5	3.7	1.6	3.3	
강우일	통행량(대)	1,902,361	1,553,260	61,667	124,525	73,142	28,859	60,908	
	총통행거리(km)	106,713,670	84,976,184	2,558,517	7,380,328	5,973,076	1,823,288	4,002,277	
	평균통행거리(km)	56.1	54.7	41.5	59.3	81.7	63.2	65.7	
	차량구성비(%)	100	81.6	3.2	6.5	3.8	1.5	3.2	
비교	통행량	증감(대)	-147,096	-122,396	-4,279	-8,727	-2,061	-3,151	-6,481
		증감율(%)	-7.2	-7.3	-6.5	-6.5	-2.7	-9.8	-9.6
	총통행거리	증감(km)	-10,201,210	-8,729,485	-264,459	-509,444	-145,674	-153,710	-398,438
		증감율(%)	-8.7	-9.3	-9.4	-6.5	-2.4	-7.8	-9.1
	평균통행거리	증감(km)	-1.0	-1.2	-1.3	0.1	0.3	1.4	0.4
		증감율(%)	-1.7	-2.2	-3.1	0.1	0.4	2.3	0.6

〈표 7〉 비강우일대비 강우일의 통행특성(평일)

구분		합계	1종(일반)	1종(경차)	2종	3종	4종	5종
통행량	강우일	1,879,598	1,495,317	60,941	143,123	75,078	33,989	71,150
	비강우일	2,023,780	1,605,838	64,802	156,749	78,363	38,029	80,143
	증감(대)	-144,181	-110,521	-3,860	-13,626	-3,285	-4,040	-8,993
	증감율(%)	-7.12	-6.88	-5.96	-8.69	-4.19	-10.62	-11.22
총통행거리	강우일	101,062,846	77,397,129	2,351,553	8,441,307	5,998,812	2,169,144	4,700,931
	비강우일	110,227,467	84,633,410	2,559,340	9,230,129	6,224,057	2,355,924	5,238,987
	증감(km)	-9,164,621	-7,236,280	-207,787	-788,822	-225,245	-186,779	-538,055
	증감율(%)	-8.31	-8.55	-8.12	-8.55	-3.62	-7.93	-10.27
평균통행거리	강우일	53.77	51.76	38.59	58.98	79.90	63.82	66.07
	비강우일	54.47	52.70	39.49	58.88	79.43	61.95	65.37
	증감(km)	-0.7	-0.9	-0.9	0.1	0.5	1.9	0.7
	증감율(%)	-1.28	-1.79	-2.30	0.16	0.60	3.02	1.07

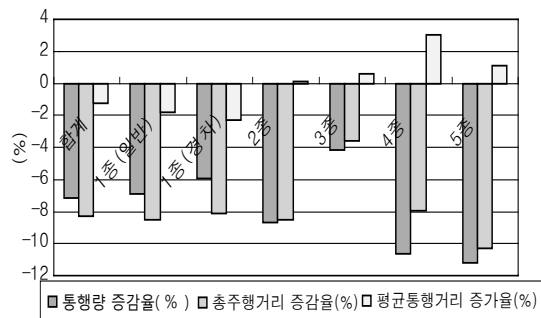
〈표 8〉 비강우일대비 강우일의 통행특성(주말)

구분		합계	1종(일반)	1종(경차)	2종	3종	4종	5종
통행량	강우일	1,966,630	1,716,862	63,716	72,012	67,677	14,374	31,989
	비강우일	2,114,370	1,844,373	68,711	77,817	68,074	17,774	37,622
	증감(대)	-147,740	-127,511	-4,995	-5,806	-396	-3,400	-5,633
	증감율(%)	-6.99	-6.91	-7.27	-7.46	-0.58	-19.13	-14.97
총통행거리	강우일	122,668,936	106,375,868	3,142,887	4,384,620	5,900,411	846,754	2,018,395
	비강우일	132,957,970	115,347,281	3,448,990	4,730,358	5,908,028	1,076,450	2,446,862
	증감(km)	-10,289,033	-8,971,413	-306,103	-345,738	-7,617	-229,696	-428,467
	증감율(%)	-7.74	-7.78	-8.88	-7.31	-0.13	-21.34	-17.51
평균통행거리	강우일	62.38	61.96	49.33	60.89	87.18	58.91	63.10
	비강우일	62.88	62.54	50.20	60.79	86.79	60.56	65.04
	증감(km)	-0.5	-0.6	-0.9	0.1	0.4	-1.7	-1.9
	증감율(%)	-0.81	-0.93	-1.73	0.16	0.46	-2.73	-2.99

5. 평일/주말 비강우일/강우일 통행특성 비교

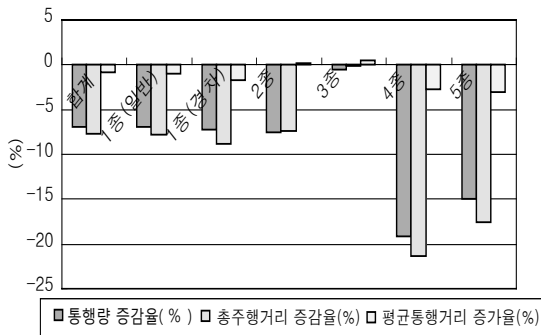
평일 강우시 1종 차량의 총 통행거리 감소율은 통행량 감소보다 더 컸다. 이는 통행거리가 긴 1종 차량들이 통행거리가 짧은 1종 차량보다 통행을 하지 않았다는 것으로, 평일의 경우 여가통행, 관광통행을 계획한 운전자들이 통행을 하지 않거나 단거리 통행으로 통행선택을 변경한 결과로 판단된다. 화물차량들의 경우 대부분 1종 차량보다 통행량 감소나 총 통행거리의 감소폭이 컸으며, 이는 화물의 경우 통행특성상 기상변화에 1종 차량보다 선택이 자유롭지 못한 결과로 추정된다.

그러나 화물차량들의 강우시 평균통행거리는 비강우일에 비해 증가하였다. 이는 단거리 화물통행은 기상 악화시 다른 날에 통행을 할 수 있는 선택의 폭이 장거리 화물통행보다 자유로우므로 기상변화에 민감하게 반응하여, 강우시 통행이 감소한 것으로 추정된다.

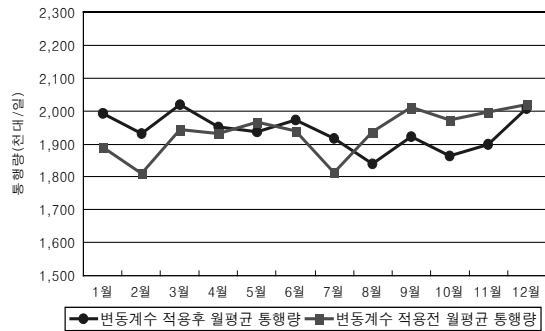


〈그림 5〉 비강우일 대비 강우일의 통행특성(평일)

주말 강우시의 경우 1종보다 다른 차종의 통행량 및 총 통행거리의 감소폭이 더 컸다. 따라서 화물차량의 경우 주말에는 강우시 통행을 하지 않는 경향이 크다는 것으로 추정할 수 있다. 평균통행거리의 경우 강우시가 비강우일보다 오히려 더 컸는데, 이는 승용차 운전자의 경우 일반적으로 주말에 여가나 관광, 친지방문 등 평소의 통행거리보



〈그림 6〉 비강우일 대비 강우일의 통행특성(주말)



〈그림 7〉 월변동계수 적용 전·후 통행량

다 긴 장거리 통행을 하기 때문인 것으로 판단된다.

화물차량의 경우 강우시 5종은 평균통행거리가 감소한데 반해 2,3,4종은 오히려 증가하였다. 이는 2,3,4종은 장거리통행량이 감소하였지만 5종의 경우 단거리 통행량들이 감소한 결과로 추정된다.

평일과 주말의 통행특성 비교결과를 종합해서 볼 때, 5종과 같은 특수화물차들은 단거리통행과 장거리 통행에 따라 강우에 대한 통행선택이 서로 크게 다르다는 것을 알 수 있다.

IV. 강우수준과 통행량 모형 개발

1. 강우수준별 통행량 분석

1) 월변동계수 고려

고속도로 통행량 규모는 월마다 다르므로 강우에 따른 개별 일자의 일별 통행량을 보다 명확하게 비교하기 위해, 통행량의 월변동을 고려하여 통행량수준을 유사하게 하였다.

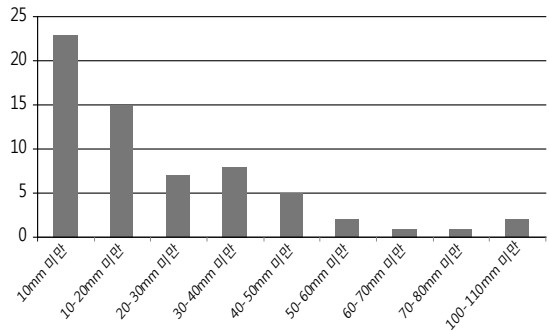
〈표 9〉 월 변동을 고려한 강우시 월평균 통행량(대)

월	변동계수 적용전	월변동계수	변동계수 적용후
1월	1,890,006	1.06	2,006,269
2월	1,810,286	1.07	1,942,615
3월	1,943,023	1.05	2,032,183
4월	1,930,853	1.02	1,965,417
5월	1,967,084	0.99	1,948,205
6월	1,940,132	1.02	1,983,797
7월	1,812,529	1.06	1,928,725
8월	1,938,158	0.95	1,850,191
9월	2,011,312	0.96	1,935,705
10월	1,971,400	0.95	1,876,532
11월	1,997,000	0.96	1,910,608
12월	2,019,724	1.00	2,019,723

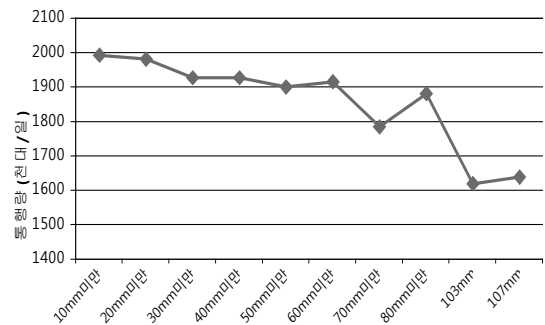
2) 강우수준별 통행량 분석

강우수준별 빈도수는 〈그림 8〉과 같이, 10~40mm 미만의 경우 전체의 약 82%를 차지하며 40mm 이상의 경우는 약 18%, 50mm 이상의 빈도는 약 2%이었다. 강우수준별 등급은 10mm 미만~110mm 미만까지 10 등급으로 설정하고 강우 수준별 통행량을 분석하였다.

강우수준별 고속도로 통행량을 분석한 결과 강우량이 높을수록 통행량이 감소하였다.



〈그림 8〉 강우수준별 빈도수

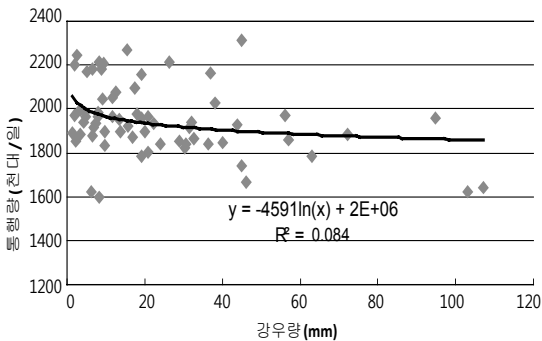


〈그림 9〉 강우수준별 통행량

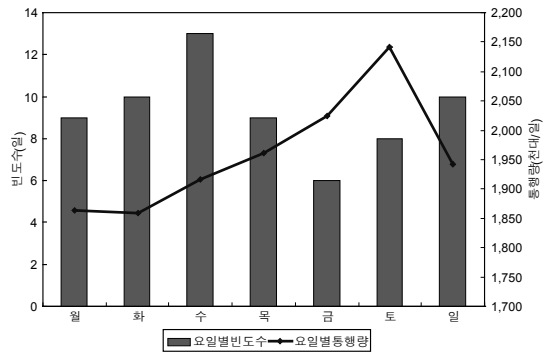
2. 강우량과 통행량 모형 개발

1) 전체 자료에 대한 모형 분석

전체 65일 자료를 이용하여 강우량과 통행량의 상관관계를 분석한 결과 분산된 형태를 보여 설명력이 낮은 것으로 나타났다. 그러나 추세선은 강우량이 높을수록 통행량이 감소함을 나타내었다.



〈그림 10〉 강우수준별 통행량(65일 자료)



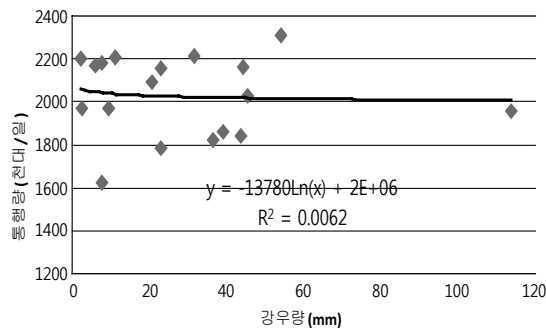
〈그림 11〉 강우요일별 빈도수 및 통행량

2) 평일 및 주말에 대한 모형 분석

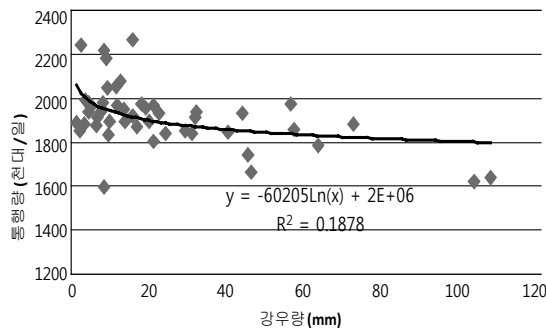
평일과 주말의 강우량과 통행량간의 관계를 분석하기 위해 전체 65일 자료를 〈표 11〉과 같이 요일별로 구분하였다. 65일의 강우일 중 평일(월~금)은 47일이며, 주말(토, 일)은 18일이다.

주말은 강우수준별 통행량 모형의 설명력이 상당히 낮아, 강우수준에 관계없이 통행이 이루어지는 것으로 분석되었다.

주말통행량은 강우수준과 독립적인 것으로 분석되었으므로, 주말통행량을 제외한 평일통행량만을 대상으로 다시 분석하였다. 강우수준과 평일 통행량의 설명력은 전체 일에 대한 설명력보다 0.1 이상 높게 나타났다.



〈그림 12〉 강우수준별 통행량(주말)



〈그림 13〉 강우수준별 통행량(평일)

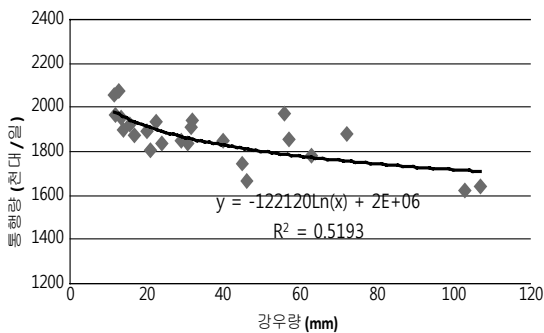
〈표 10〉 강우요일 빈도수 및 평균통행량

구분	빈도수(일)	평균통행량(대)	
평일	월요일	9	1,863,531
	화요일	10	1,858,878
	수요일	13	1,916,358
	목요일	9	1,765,385
	금요일	6	2,024,285
주말	토요일	8	2,141,818
	일요일	10	1,941,706

3) 강우량 10mm 이상 자료에 대한 모형 개발

강우량이 10mm 이하인 경우 강우량이 적어 강우보다 다른 요인이 통행량 변화에 더 큰 영향을 줄 가능성이 높은 것으로 판단하여 제외한 후 다시 분석하였다. 분석 결과 평일에 대한 모형설명력보다 0.3 이상 모형의 설명력이 증가하였다.

$$y = (2E+06) - 1E+0ln(x)$$



〈그림 14〉 10mm이상 강우수준별 통행량(평일)

여기서, y : 통행량(대)
x : 강우수준(mm)

그 외에 차종별 강우수준별(10mm 이상) 추세선에 대하여 살펴본 결과 전차종에서 강우량이 많을수록 통행량이 낮아졌으며, 1종(경차)의 모형 설명력이 가장 낮았다. 그러나 강우수준에 따른 통행량차이는 크지 않았다. 따라서 2006년도 강우일을 대상으로 할 때 강우수준별로 고속도로의 통행량의 차이는 어느 정도 있는 것으로 파악되나 그 정도는 크지 않다고 할 수 있다.

V. 결론

우리나라는 4계절의 기후 변화가 뚜렷하여 계절별로 다양한 기상 상황이 발생된다. 이러한 기상조건은 운전자의 통행선택에 영향을 미쳐 기종점통행특성도 변화될 것이다. 그러나 기존의 기상관련 교통분야의 연구는 기상조건과 도로의 구간성능이나 교통사고와의 관계에만 초점을 두어 왔으며, 기상조건과 통행량과의 관련성을 검토한 연구는 거의 전무한 실정이다.

강우시 차종별, 주말/평일 등 요일특성에 따라 운전자들은 출발시간, 목적지, 수단, 경로선택 등 다양한 선택을 할 것이다. 기존 연구에서는 이러한 기상조건 변화시 통행특성 변화를 무시하고 최종결과인 구간교통특성만 분석하였으나, 본 연구에서는 강우시 통행량 및 통행거리 등 통행특성을 네 가지 사항으로 구분하여 분석하였다.

1) 비강우일 대비 강우일의 통행량은 감소

비강우일 대비 강우일의 차종별 통행량 감소율은 유사했

으며, 3종의 통행량 감소율이 가장 작았다. 1종 승용차의 경우 출퇴근 및 업무통행 등 필수통행의 비율이 높아 강우시 통행량 감소폭이 화물차량보다 적은 것으로 판단되었다.

2) 비강우일 대비 강우일의 총 주행거리는 감소

비강우일 대비 강우일의 차종별 총 통행거리는 감소폭이 통행량보다 컸으며, 1종(경차)의 경우 -9.4%로 전체 차종 중 감소폭이 가장 컸다. 1종(경차)의 경우 강우시 차량의 안전성을 고려하여 통행선택을 변경한 것으로 판단된다. 평균 통행거리는 1종은 감소하고, 2~5종 화물차는 증가하였다.

3) 강우시 주말/평일의 차종별 통행특성 차이 있음

평일 강우시 1종 차량들은 통행량 감소율에 비해 총 통행거리의 감소율이 더 크며, 2~5종은 1종 차량 통행보다 통행량 감소나 총 통행거리 감소폭이 작았다. 주말은 전차종의 통행량 및 총 통행거리의 감소폭이 유사하며, 평균통행거리의 경우 평일과 유사하게 강우일이 비강우일보다 오히려 더 컸다.

4) 강우수준별 통행량의 차이는 크지 않음

강우수준별 고속도로 통행량을 분석한 결과 강우량이 많을수록 통행량이 감소하였는데, 30mm까지는 통행량 감소폭이 작고 30mm 이상일 때 감소폭이 대폭 커진 것으로 분석되었다. 강우수준별 통행량에 대해 모형식으로 분석한 결과 주말을 제외한 평일(월~금)통행량 경우 전체 통행량(주말 포함)자료를 이용한 경우보다 설명력이 높았으며, 10mm 미만을 제외한 통행량에 대한 설명력은 더 높게 나타났지만 강우수준별 차이는 크지 않았다.

향후연구로 강우뿐만 아니라 강설, 안개 등으로 기상조건을 다양화하고, 다년도분석 등을 통해 통행특성의 변화를 통계적으로 파악하여야 할 필요가 있다. 또한 출퇴근시간과 비침두시 시간대 등으로 구분하여 기상조건이 통행선택에 미치는 영향을 좀 더 명확히 파악할 필요가 있다. 또한 본 연구에서는 고속도로 전 구간 통행량에 대하여 분석하였지만 향후 특정지역별로 기상조건과 통행특성의 관계에 대한 연구도 필요한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 백승걸·김치훈(2006), 강우 기상조건과 고속도로

- 통행성의 상관관계 연구, 제53회 학술발표회 논문집, 대한교통학회, pp.124~131.
2. 박창수·장진환(2004), AADT 추정시 강설량에 따른 날씨보정계수 개발에 관한 연구, 서울도시연구, 제5권 제2호.
 3. 이승재·백남철·권희정·최대순·도명식(2001), 불규칙변동 분해 시계열분석 기법을 사용한 AADT 추정, 대한교통학회지, 제19권 제6호, 대한교통학회, pp.65~73.
 4. 장덕형(1998), 도로기상 여건과 교통류 상관관계에 관한 기초연구, 국토개발연구원.
 5. 최정순·손봉수·최재성(1999), "기상조건에 따른 도시고속도로 교통류변화 분석", 대한교통학회지 제17권 제1호, 대한교통학회, pp.29~39.
 6. 한국도로공사(2007), "2006 고속도로 교통량 통계".
 7. Brodsky, Veinoglou and Bernard Hakkert (1988), "The Effect of weather on the relationship between flow and Occupancy on freeways", Transportation Research Record 1194, pp55~63.
 8. Hassan, Y. Al and Barker, Derek J.(1987), "The Impact of Unseasonable or Extream Weather on Traffic Activity with in Lothian Region, Scotland", Journal of Transport Geography, Volume 7 Issue3, pp.209~213.
 9. Julia B. Edwards(2002), "Motorway speeds in wet weather: the comparative influence of porous and conventional asphalt surfacings" Journal of Transport Geography, Volume 10, Issue 4, December 2002, pp.303~311.
 10. Kyte, M., Z. Khatib, P. Shannon, and F. Kitchener(2000), "Effects of Environmental factors on Free-Flow Speed", Transportation Research Circular presented at the Fourth National Symposium on Highway Capacity, Maui, Hawaii, pp.108~119.
 11. 기상청, <http://www.kma.go.kr>

✻ 주 작 성 자 : 백승걸

✻ 교 신 저 자 : 백승걸

✻ 논문투고일 : 2008. 3. 18

✻ 논문심사일 : 2008. 4. 30 (1차)

2008. 5. 26 (2차)

✻ 심사판정일 : 2008. 5. 26

✻ 반론접수기한 : 2008. 10. 31

✻ 3인 익명 심사필

✻ 1인 abstract 교정필